

Как видно из приведенной структуры, банк содержит 295 тестовых заданий по материаловедению и 376 - по технологии конструкционных материалов. Количество правильных ответов на них многократно больше из-за применения различных форм тестовых заданий.

Таким образом, приведенные в статье инновационные методы в курсе «Материаловедение и технология конструкционных материалов» будут обеспечивать подготовку специалистов для активной инженерной и исследовательской деятельности в области производства материалов и их переработки.

Литература

1. Композиция тестовых заданий/ Аванесов В.С. М.: М.. Адепт, 1998.
2. Оценка и реализация различных форм заданий при компьютерном тестировании/ Смолькин А.А., Батышев А.И., Хорохорин Ф.П. // Новые технологии, М., МГОУ, 2007, №3. - с. 45 - 48.
3. Методические основы разработки автоматизированного тестового контроля знаний студентов по материаловедению и технологии конструкционных материалов /Э. О. Цатурян, А.А. Смолькин, А.И. Батышев и др. / Сборник материалов международного совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов.: Саратов, СГТУ, 2010. – с. 214.
4. Тестовые задания по материаловедению и технологии конструкционных материалов / А.А. Смолькин, А.И. Батышев, В.И. Беспалько и др.; под ред. А.А. Смолькина: М.: Академия, 2011. - с. 135.

Повышение объективности выбора заготовок деталей

к.т.н. Медведев О.А.

Брестский государственный технический университет
83750162421321, E-mail: tm@bstu.by

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбора рациональных заготовок деталей машин на ранних этапах проектирования технологических процессов. Дано обоснование объективных критериев выбора рациональной заготовки из нескольких альтернативных вариантов. Разработана методика, позволяющая с высокой достоверностью провести выбор рациональной заготовки. Сделан вывод по результатам исследований.

Ключевые слова: выбор заготовки, объективный критерий, себестоимость полуфабриката, программное обеспечение.

Рациональный выбор заготовки является одной из важнейших задач, решаемых на начальном этапе технологической подготовки производства деталей машин. От правильности этого выбора в значительной мере зависит эффективность изготовления деталей. Обычно на производстве выбор заготовок производится путем сравнения расчетных стоимостей нескольких технически приемлемых заготовок, а часто и без выполнения расчетных обоснований на основе опыта технолога или по рекомендациям справочной литературы. Однако такой выбор нельзя признать объективным, так как при этом не учитывается влияние вида и формы заготовки на себестоимость последующей обработки.

В ряде случаев обоснованный выбор заготовки можно сделать без расчета себестоимости детали путем сравнения вариантов заготовок по их стоимости (C_3) и коэффициенту использования материала ($K_{им}$). Этот коэффициент часто может служить качественной мерой себестоимости обработки заготовки (C_0). Обычно, чем больше $K_{им}$, тем ниже себестоимость ее обработки (в основном черновой, так как стоимость чистовой обработки практически не зависит от вида заготовки и способа ее получения). При таком допущении первый вариант заготовки (из двух сравниваемых) будет обеспечивать минимум стоимости детали, если соблюдается одно из условий: $C_{31}=C_{32}$ и $K_{им1}>K_{им2}$; $C_{31}<C_{32}$ и $K_{им1}=K_{им2}$; $C_{31}<C_{32}$ и $K_{им1}>K_{им2}$. Однако обратная пропорциональность между $K_{им}$ и C_0 не всегда соответствует действительности, например, для деталей, имеющих много мелких трудоемких конструктив-

ных элементов (отверстий, пазов, выточек и т.п.).

Кроме того, в случае, когда $C_{31} > C_{32}$ и $K_{ИМ1} > K_{ИМ2}$, обоснованный выбор по этим параметрам сделать нельзя. В этом случае приходится для альтернативных вариантов заготовки составлять техпроцессы изготовления детали, выполнять расчет себестоимости детали для каждого техпроцесса, что весьма трудоемко. Как правило, применение простой по форме и дешевой заготовки приводит к увеличению затрат на последующую обработку (в основном черновую механическую обработку). Приближение заготовки к детали по форме и размерам за счет применения более сложного и дорогого метода ее получения снижает затраты на последующую обработку. Поэтому лучшим следует считать один из технически приемлемых вариантов заготовки, для которого себестоимость детали C_{Σ} , равная сумме стоимости заготовки и затрат на последующую обработку, минимальна:

$$C_{\Sigma} = (C_3 + C_0) \rightarrow \min \quad (1)$$

Существующие методики расчета стоимости заготовок разных видов на основе известных масс детали, заготовки и данных прейскурантов (цены за единицу массы заготовок и стружки) позволяют просто и с достаточной для практики точностью рассчитать первое слагаемое себестоимости детали. Однако для определения второго слагаемого требуется предварительная разработка и нормирование техпроцессов механической обработки для каждого варианта заготовки, что трудоемко.

Поэтому необходимо разработать методику, которая могла бы позволить достаточно быстро и объективно оценить влияние вида и способа получения заготовки на себестоимость изготовления детали.

Принимая допущение о том, что затраты на чистовую и отделочную обработку практически не зависят от вида заготовки и способа ее получения, достаточно обоснованным и менее трудоемким можно считать способ выбора заготовки по критерию минимума себестоимости полуфабриката, получаемого после черновой обработки. Для реализации такого выбора необходимо разработать малотрудоемкую методику расчета прогнозируемой себестоимости черновой механической обработки в зависимости от $k_{ИМ}$ заготовки или объема удаляемых черновых припусков и напусков, что позволит исключить предварительное подробное проектирование технологии механической обработки.

В основу предлагаемой методики положены разработанные авторами выражения для определения объема припуска или напуска, снимаемого точением, сверлением, зенкерованием, растачиванием, фрезерованием за одну минуту основного времени механической обработки. Этот объем является произведением глубины резания, оборотной подачи и скорости резания.

$$w_t = 1000 \cdot t \cdot S \cdot V; \quad (2)$$

где: t , S , V – режимы резания на рассматриваемой операции.

Для получения указанных выражений использовались эмпирические формулы, применяемые для расчета скорости резания при черновых методах механической обработки. Например, подставив в формулу (2) выражение для определения скорости резания при точении и растачивании [4] получим:

$$w = 1000 \cdot t \cdot S \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V = t^{(1-x)} S^{(1-y)} \frac{1000 \cdot C_V \cdot K_V}{T^m} = t^{(1-x)} \cdot S^{(1-y)} \cdot B_T; \quad (3)$$

$$\text{где: } B_T = \frac{1000 C_V K_V}{T^m}.$$

Суммарное основное время черновой механической обработки предлагается определять делением объема черновых припусков и напусков на выражение для объема материала, снимаемого за одну минуту:

$$t_{0,j} = V_{Иj} / w_j; \quad (4)$$

где: $V_{Иj}$ – объем металла, приходящийся на черновые припуски и напуски для j -го варианта заготовки, мм^3 ; w_j – объем металла, снимаемый за 1 минуту черновой механической обработки, $\text{мм}^3/\text{мин}$.

Тогда величину штучно-калькуляционного времени можно рассчитать следующим образом:

$$t_{\text{шт. черн.}j} = \varphi_k \frac{M_{зj} - M_{д}}{\rho w_j} = \varphi_k \frac{M_{д}(1 - K_{\text{им}j})}{\rho t_j^{(1-x)} S_j^{(1-y)} B_T K_{\text{им}j}}; \quad (5)$$

где: φ_{kj} - коэффициент, зависящий от группы и типа оборудования, а также серийности производства [2], ρ - плотность материала детали, кг/мм³, $M_{зj}$ - масса j -того варианта заготовки, $M_{д}$ - масса детали, $K_{\text{им}j}$ - коэффициент использования материала j -того варианта заготовки.

Прогнозируемую себестоимость черновой обработки можно определить как произведение приведенных затрат за единицу времени работы оборудования, используемого для черновой механической обработки $C_{\text{пр.черн.}j}$ [1], на штучно-калькуляционное время.

Себестоимость заготовок, получаемых большинством методов литья и обработки давлением можно определить по формуле:

$$C_3 = 0,001[\Pi_3 \cdot M_3 \cdot k_T \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{сл}} \cdot k_C - \Pi_0 (M_3 - M_{д})]; \quad (6)$$

где: Π_3 - оптовая цена 1 т заготовок соответствующего вида, руб.; Π_0 - цена реализуемых отходов, руб./т; k_T - коэффициент, учитывающий точность заготовок; k_B - коэффициент, учитывающий сложность заготовок; k_M - коэффициент, учитывающий марку материала заготовки; $k_{\text{сл}}$ - коэффициент, учитывающий массу заготовки; k_C - коэффициент, учитывающий объем выпуска заготовок. После выражения M_3 через $K_{\text{им}}$ и введения обозначений:

$$A = 0,001(\Pi_3 \cdot M_3 \cdot k_T \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{сл}} \cdot k_C); \quad B = 0,001\Pi_0 \quad (7)$$

получим формулу для расчета стоимости получения заготовки:

$$C_{зj} = A_j \cdot M_{зj} - (M_{зj} - M_{д})B_j = M_{зj}[A_j - (1 - K_{\text{им}}) \cdot B_j] = M_{д} \left[\frac{A_j}{K_{\text{им}}} - \left(\frac{1}{K_{\text{им}}} - 1 \right) B_j \right]. \quad (8)$$

Тогда себестоимость полуфабриката после черновой мехобработки $C_{\Sigma\text{пф}}$ для случая, когда основные припуски и напуски удаляются точением и растачиванием.

$$C_{\Sigma\text{пф.точ.}} = C_3 + C_{\text{О.черн.точ.}} = M_{д} \left[\frac{A}{K_{\text{им}}} - \left(\frac{1}{K_{\text{им}}} - 1 \right) B \right] + \frac{M_{д} \cdot C_{\text{пр.черн.}} \cdot \varphi_K \cdot (1 - K_{\text{им}})}{\rho \cdot t^{(1-x)} \cdot S^{(1-y)} \cdot B_T \cdot K_{\text{им}}} \quad (9)$$

Для случая, когда основные припуски и напуски будут удаляться фрезерованием, величину w можно определить по формуле:

$$w = B \cdot t \cdot S_M = B \cdot t \cdot S_z \cdot z \cdot n = B \cdot t \cdot S_z \cdot z \cdot 1000v / \pi D; \quad (10)$$

где: B - ширина фрезерования, мм; t - глубина фрезерования, мм; S_M - минутная подача фрезы, мм/мин; S_z - подача на один зуб фрезы, мм; z - число зубьев фрезы; V - окружная скорость фрезы, м/мин; D - диаметр фрезы, мм.

После подстановки выражения для скорости резания [4] получим:

$$w = B \cdot t \cdot B_{\phi} = \frac{1000C_V D^q z^{(1-p)}}{T^m B^{(u-1)}} K_V \cdot S_z \cdot Z \frac{1000C_V D^q}{\pi D \cdot T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_V = t^{(1-x)} S^{(1-y)} B_{\phi}; \quad B_{\phi} = \frac{1000C_V D^q z^{(1-p)}}{T^m B^{(u-1)}} K_V. \quad (11)$$

Таким образом, величину критерия $C_{\Sigma\text{пф.}}$ для случая, когда черновым методом обработки заготовки будет являться фрезерование, можно рассчитать по формуле:

$$C_{\Sigma\text{пф.фрез.}} = C_3 + C_{\text{О.черн.фрез.}} = M_{д} \left[\frac{A}{K_{\text{им}}} - \left(\frac{1}{K_{\text{им}}} - 1 \right) B \right] + \frac{M_{д} \cdot C_{\text{пр.черн.}} \cdot \varphi_K \cdot (1 - K_{\text{им}})}{\rho \cdot t^{(1-x)} \cdot S^{(1-y)} \cdot B_{\phi} \cdot K_{\text{им}}} \quad (12)$$

Для случая, когда основные припуски и напуски будут удаляться сверлением, рассверливанием или зенкерованием, величину w можно определить по формуле:

$$w = \pi \left(\frac{D^2 - d^2}{4} \right) S_M = \frac{1000v \cdot t \cdot S \cdot (D - d)}{D}; \quad (13)$$

где: D - диаметр сверла (зенкера), мм; d - диаметр отверстия под рассверливание или зенкерование, мм; S_M - минутная подача сверла (зенкера), мм/мин; t - глубина сверления

(рассверливания, зенкерования), мм; V – окружная скорость сверла (зенкера), м/мин; S – обратная подача сверла (зенкера), мм/об.

Подставим значение скорости резания в выражение для w :

$$w = t^{(1-x)} S^{(1-y)} D^{(q-1)} (D-t) B_c; \quad B_c = 1000 C_V K_V T^{(1-m)}. \quad (14)$$

Таким образом, величину критерия $C_{\Sigma нф.}$ для случая, когда черновым методом обработки заготовки будет являться сверление, рассверливание или зенкерование, можно рассчитать по формуле:

$$C_{\Sigma нф. св.} = M_D \left[\frac{A}{K_{ИМ}} - \left(\frac{1}{K_{ИМ}} - 1 \right) B \right] + \frac{M_D C_{нр. черн.} \varphi_K (1 - K_{ИМ})}{\rho t^{(1-x)} S^{(1-y)} D^{(q-1)} (D-t) B_c K_{ИМ}} \quad (15)$$

На основе выведенных зависимостей для расчета стоимости полуфабриката, получаемого после черновой обработки заготовки, была разработана компьютерная программа, позволяющая значительно упростить и ускорить процесс использования разработанной методики на практике. Последовательность решения задачи выбора рациональной заготовки с использованием формальных процедур и эвристик объединена в единый алгоритм. В качестве исходных данных вводятся: масса детали, материал детали, программа выпуска, анализируемый вид заготовки, коэффициент использования материала, метод преобладающей черновой обработки, группа оборудования, на котором будет производиться черновая обработка заготовки, максимально возможная глубина резания (черновой припуск или напуск), материал режущей части инструмента, стойкость инструмента. Программа представляет собой рабочую книгу *Microsoft Excel*, хранящуюся в файле *RVZ.xlsm*. Программа имеет пять баз данных, каждая из которых оформлена на отдельном листе рабочей книги *Excel* и относится к определенному виду обработки: точение, растачивание, фрезерование, сверление, зенкерование.

При активации рабочей книги *RVZ.xlsm* пользователь видит главную страницу программы, где имеется одна кнопка – «Открыть окно диалога». После нажатия кнопки на экране появится окно диалога, разработанное на основе возможностей *VBA*.

На рабочем листе с именем «Лист 1» имеются три области: таблица ввода исходных данных, таблица вывода промежуточных данных и область вывода конечного результата. Лист 1 выполняет синхронизирующую функцию, то есть обеспечивает исходной информацией остальные рабочие листы и выводит с них результаты поиска и расчетов. На остальных рабочих листах расположены базы данных с технологической справочной информацией, которая необходима для расчета величины скорости снятия черновых припусков и напусков. С этих листов производится вывод промежуточной информации на Лист 1, при этом номер листа, с которого будет считываться информация, зависит от вида черновой обработки заготовки: Лист 2 – наружное точение; Лист 3 – растачивание; Лист 4 – фрезерование; Лист 5 – сверление; Лист 6 – зенкерование.

Разработанная программа позволяет оперативно определять объективные критерии выбора заготовок деталей машин. Интерактивное меню программы имеет диалоговое оформление, что удобно для понимания и использования.

Таким образом, разработанная методика позволяет выполнять обоснованный выбор заготовок на ранней стадии проектирования техпроцессов механической обработки деталей, повысить объективность принимаемых технологических решений и тем самым сократить затраты на технологическую подготовку производства. Компьютерная программа, разработанная на базе *MS Excel*, облегчает использования данной методики на практике. Методика может быть полезна инженерам-технологам, занимающимся проектированием техпроцессов изготовления деталей машин.

Литература

1. Экономика инженерных решений в машиностроении/Л.И. Гамрат-Курек: М: Машиностроение, 1986 г. с - 255.
2. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособ. под ред. Бабука В. В./ Бабук В.В., Шкред В.А., Медведев А.И.: Минск. - Высш. шк., 1987. с.- 255.

3. Проектирование технологических процессов в машиностроении/ И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.: Минск: УП Технопринт, 2003. с - 910.

Производственный опыт промышленного освоения листовых деталей номенклатуры ОАО «Утес» в единичном производстве

Культюшкин М.И., д.т.н. Кокорин В.Н.

Ульяновский государственный технический университет

(8422)41-78-88, omd@mf.ulstu.ru

Поляков С.Ю.

ОАО «Утес» г. Ульяновск (8422) 42-63-11 mik1183@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрен производственный опыт изготовления деталей единичной серии на предприятии ОАО «Утес», г. Ульяновск.

Ключевые слова: производственный опыт, единичное производство, опытное производство, прогрессивное оборудование, высокотехнологические рабочие места

В условиях большой номенклатуры (более 80 000 наименований деталей) единичного производства и постоянного пополнения номенклатуры новыми деталями, характерными тенденциями современного промышленного производства являются:

- минимизация времени на подготовку производства (отработку на технологичность конструкции деталей);
- определение минимального количества требуемой технологической оснастки;
- унификация технологической оснастки;
- исключение затрат на изготовление технологической оснастки;
- использование современного высокопроизводительного оборудования;
- повышение коэффициента использования материала;
- усовершенствование технологического процесса;
- снижение времени технологического цикла;
- повышение качества выпускаемых деталей;
- организация высокотехнологических рабочих мест.

На рисунке 1 представлена блок-схема опытного производства до внедрения прогрессивных видов оборудования.

Данный вид производства в настоящее время не актуален, т.к. достигнутый результат образуется за счет значительных корректировок КД, технологии изготовления и изменения технологической оснастки.

Причины:

- нестабильность механических свойств материалов;
- несоответствие требуемых параметров материала (внешний вид и т.д.);
- высокая трудоемкость изготовления;
- длительный технологический цикл изготовления деталей;
- большое количество технологической оснастки;
- высокая стоимость технологической оснастки (в части проектирования и изготовления);
- использование в большей части технологического цикла морально устаревшего и непроизводительного оборудования;
- нецелесообразность использования в единичном (опытном производстве);
- не соответствие оборудования современным требованиям техники безопасности.

На рисунке 2 представлена блок-схема опытного производства используемая на предприятии ОАО «Утес», г. Ульяновск в результате внедрения прогрессивного оборудования с ЧПУ.

Данный вид производства наиболее актуален в современных условиях промышленного